

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-110482

(43)Date of publication of application : 25.04.1995

(51)Int.Cl.

G02F 1/1337

G02F 1/1343

(21)Application number : 05-242341

(71)Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH  
CORP <IBM>

(22)Date of filing : 29.09.1993

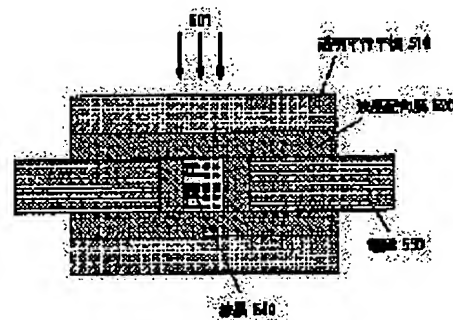
(72)Inventor : HASEGAWA MASAKI  
SAI FUMINORI  
YAMADA FUMIAKI

## (54) LIQUID CRYSTAL ELECTRO-OPTIC ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an electro-optic element of satisfactory responsiveness by using a ferroelectric liquid crystal of spontaneous polarization.

CONSTITUTION: The ferroelectric liquid crystal of spontaneous polarization is used in the state of smectic A and filled in a proper transparent housing. An electric field is provided to be vertical to the direction of an optical path to change the oriented direction of a liquid crystal molecule by the electric field to change a refractive index. Light is made to enter it to adjust the shape of an electrode 530 while storing the state of polarization to provide the liquid crystal electro-optical element generating deflection operation and converging operation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.09.1993

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2579426

[Date of registration] 07.11.1996

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

07.11.2000

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-110482

(43) 公開日 平成7年(1995)4月25日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/1337	5 1 0			
1/1343				

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-242341

(22) 出願日 平成5年(1993)9月29日

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー  
ズ・コーポレーションINTERNATIONAL BUSIN  
ESS MACHINES CORPO  
RATIONアメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 長谷川 雅樹

神奈川県大和市下鶴間1623番地14 日本ア  
イ・ピー・エム株式会社 東京基礎研究所  
内

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

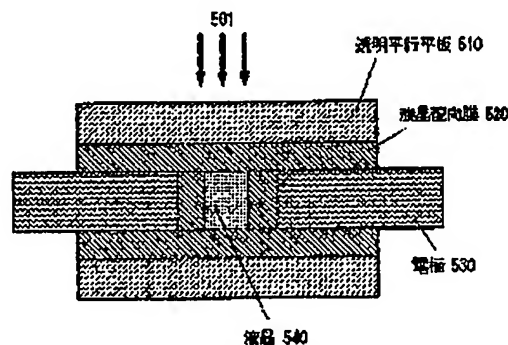
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶電気光学素子

(57) 【要約】

【目的】 自発分極性の強誘電性液晶を用いて応答性のよい電気光学素子を得ること。

【構成】 自発分極を有している強誘電性液晶をスメクティックAの状態を用い、それを適当な透明容器に封入する。電場は光路方向と垂直にかけ、その電場によって液晶分子の配向方向を変え、屈折率を変化させる。それに光を入射させ、偏光の状態を保存しつつ、電極の形状を調整することによって偏向作用・集光作用を促す液晶電気光学素子を提供する。



素子の構造

(2)

特開平7-110482

1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光軸方向に対向する一対の透明平板と、前記一対の透明平板の内側に存在し、光軸方向と垂直な方向に一定の間隔を隔てて設けられた一対の電極と、前記一対の透明平板と前記一対の電極が形成する閉空間内に介在する強誘電性または反強誘電性を有する自発分極性の液晶と、

前記一対の電極間に電圧を印加する電源と、を具備し、

前記液晶分子の分子軸を予め所定の方向に一樣に配向させた後に、前記透明平板を介して光軸方向に光線を入射させるとともに、前記電極間に電圧を印加し、発生する電場によって所望の液晶分子の傾斜を作り出す、液晶電気光学素子。

【請求項2】液晶配向膜を前記一対の透明平板の表面であって前記液晶に接する位置に配置することによって液晶分子の分子軸を予め所定の方向に一樣に配向させる請求項1の液晶電気光学素子。

【請求項3】前記液晶はスメクティックA相を有することを特徴とした請求項2の液晶電気光学素子。

【請求項4】前記液晶と接している面の前記電極の形状を三角形または台形とすることによって偏向作用を実現する請求項2または3の液晶電気光学素子。

【請求項5】前記液晶と接している面の前記電極の形状をレンズ形状とすることによって集光作用を実現する請求項2または3の液晶電気光学素子。

【請求項6】前記光線が光ビーム径縮小光学系を介したものであることを特徴とした請求項4または5の液晶電気光学素子。

【請求項7】強誘電性または反強誘電性を有する自発分極性の液晶分子の分子軸を予め一定の方向に配向させた後に、電場を付加して液晶分子に電傾効果を生じさせ、前記電場方向と垂直な方向に光線を入射するとともに、前記電極の前記液晶と接している部分の形状を所定のものにするによって光路を変化させる方法。

【請求項8】前記液晶はスメクティックA相を有することを特徴とした請求項7の光路を変化させる方法。

【請求項9】前記液晶と接している面の前記電極の形状を三角形または台形とすることによって偏向作用を実現する請求項7または8の光路を変化させる方法。

【請求項10】前記液晶と接している面の前記電極の形状をレンズ形状とすることによって集光作用を実現する請求項7または8の光路を変化させる方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は液晶の電傾効果を利用して光路を変化させ、光の偏向等の作用を実現する方法に関する。

【0002】

【従来技術】従来の技術電子光学素子の機能ひとつに光

の偏向がある。光偏向器は様々な装置で使われているが、そのほとんどが機械的な動きによるものである。レーザープリンターでは、多面体の鏡を回転させ、鏡の向きを連続的に変えることにより反射レーザー光を偏向している。

【0003】また、光磁気ディスクのトラッキング機構は、レンズを左右に移動、あるいは反射鏡の向きを変えることにより光を偏向している。これらは、機械的な機構が複雑で、組み立て調整が難しく、また振動に弱い。偏向速度も、機械部品の大きさや重量によって限られている。さらに、偏向速度の増加に伴って消費電力も多くなる。

【0004】これらの欠点を克服するために、表面弾性波素子(SAWデバイス)を用いた可変回折格子のような機械的な動きを伴わない光偏向器も提案されている。導波路中にSAWデバイスを作成し、弾性波の屈折率を変えることで格子間隔を変え光を偏向させる。しかし、回折効率が悪く、光の利用率が低くなる。また、素子の作成も難しい。これらのことから、容易にデバイスが作成でき、大きく屈折率が変わえられる液晶を応用した偏向器もいくつか提案された。

【0005】例えば、二つの電極間に高電圧をかけ、液晶の配向方向を変えることで偏向させるもの[A.F.Fray, D.Jones, "Large-angle beam deflector using liquid crystal", Electro. Lett., 11, 358(1975), A.Sasaki, T.Ishibashi, "Liquid-crystal light deflector", Electro. Lett., 15, 239(1979)], 直流電流でできるウィリアムズドメインを利用した可変回折格子[岡野光治, 小林敏夫, "液晶応用編", 培風館, p213(1989)], 全反射によるスイッチングを利用したもの[G.Labrum and S.Vallette, "Nematic Liquid Crystal Digital Light Deflector", Appl. Opt., 13, 1802(1974), R.A.Kashnow and C.R.Stein, "Total-Reflection Liquid-Crystal Electro-optic Device", Appl. Opt., 12, 2309(1973)], 電場勾配を作り屈折率を直線的に変化させ光路差を生じさせるものなどがある。

【0006】高電圧をかけるものは電場の分布の制御が難しく、ビームの形状が乱れる。また、ウィリアムズドメインを利用した素子は、SAWデバイスと同様に光の利用率が低くなり、また、光の波長によって偏向角度が変化する。全反射の利用は2方向への偏向だけが可能となる。電場勾配を作るものは、液晶にかかる電場と平行に光を入射しているため、応答速度を上げようとする素子を薄くしなければならず、偏向角度が小さくなる。逆に、偏向角度を大きくしようとする素子が厚くなり、速度が遅くなるというジレンマを持っている。

【0007】さらに、重要な電気光学素子の機能に焦点合わせがある。光の焦点合わせの機構は様々な装置で使われているが、そのほとんどが機械的にレンズの移動を行なっている。自動焦点カメラでは、様々なアクチュエ

(3)

特開平7-110482

3

4

ータによってレンズ間の距離を変え、合成された焦点距離を変化させている。光磁気ディスクのフォーカシング機構は、レンズを上下に移動することで光の焦点位置を変化させている。これは、機械的な機構が複雑で、組み立て調整が難しく振動に弱い。焦点可変速度も機械部品の大きさや重量によって限られている。さらに、変化速度の増加に伴って消費電力も多くなる。

【0008】これらの欠点を克服するために、液晶を用いた機械的な動きを伴わない可変焦点レンズが提案されている。液晶は容易にデバイスが作成でき、大きく屈折率が変えられるという特徴をもつため、様々な応用方法が考えられている。例えば、2枚のガラス板に細かい透明電極を付け、電極にかかる電圧を制御し、液晶にレンズ状の屈折率分布をもたせたもの [Patrick F. Brinkley, Stephen T. Kowel, and Chinghua Chu, "Liquid crystal adaptive lens: beam translation and field mes- 10 hing", Applied Optics 27, 4578 (1998)], 2枚のガラスのうち一方にフレネルレンズを形成し、その間に液晶を注入し可変屈折率のフレネルレンズを構成したもの [S. Sato, A. Suqnyama, and R. Sato, "Variable-Focus Liquid-Crystal Fresnel Lens", Jpn. J. Appl. Phys., 24, L626 (1985)], 光導波路上に集光回折格子を作成し、その上に液晶を塗せたもの [(財)光産業技術振興協会、平成2年度光ディスク懇談会資料集、71 (1992)], 同心円状の電極パターンで不均一電界を作り、レンズ効果をもたせたもの [増田伸、能勢敏明、佐藤道、"ハイブリッド配向液晶電気光学マイクロレンズにおける光学特性および分子配向", 光学、20, 232 (1991)] などである。

【0009】細かい電極で屈折率を制御する方法では、電極を非常に細かくしなければ、出射光の波面をきれいにすることはできない。フレネルレンズ、回折格子を用いるタイプは、波長によって焦点距離が変わるため波長分散が起こる。さらに、液晶にかかる電場と平行に光を入射しているため、応答速度を上げようとすると素子を薄くしなければならずレンズ焦点距離が長くなる。逆に、焦点距離を短くしようとすると素子が厚くなり、速度が遅くなるというジレンマを待っている。同心円上のパターンで電場を作るものは、電場分布の制御が困難で、光の収差が大きくなってしまふ。

【0010】この光の収差の問題を回避するために特開 40 平5-206241号公報においてはネマティック液晶に連続的に変化する電場を付与し、そのネマティック液晶の電場に応じて屈折率がリニアに変化する性質を用い偏向を行う装置が開示されている。

【0011】ネマティック液晶は自発分極性（それ自身分極を常に有している性質）を有しないので、電場を印加して液晶分子の分子軸の配向方向が変化するまでの所要時間が大きいという欠点を有している。つまり、この方式のものでは応答性に問題があって、光通信に使用するスイッチング素子等高応答性が要求とされる用途に 50

は適していない。

【0012】強誘電性の液晶分子はスメクティックA相において電傾効果によってその分極ベクトルが電場の方向と整合するように傾斜するのであるが、ネマティック液晶の場合電場を印加して初めて分極が発生する。かかる特性を有する液晶を用いるよりも電場のない状態で分極している自発分極性の液晶を用いる方が応答性の観点からは優れている。また、電場に対する配向の応答性は分極が大きいほど速くなる。従って、応答性を向上させるためには大きい自発分極を有している液晶を用いればよい。

【0013】また、動作電圧が大きいとその分極応答速度が低下する。従来のネマティック液晶による偏向器は光の入射方向と平行に電場を印加していたため、大きな偏向を得るためには液晶中を通る光の経路長を長くする関係上電極間の間隔が大きくなり、所望の電場を発生させるために動作電圧を大きくする必要が認められた。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本願発明の目的は偏向光の波面の乱れが発生せず、光の利用効率が大きく、機械的な可動部がないという従来のネマティック液晶を使用した偏向器の利点を維持しつつ、さらに、その欠点であった応答性を改善することである。

【0015】より具体的には自発分極性の強誘電性液晶を用い、光路方向と電場方向を平行にしないことによって、偏向角の大きさと動作電圧との間の相関性を排除し、小さな動作電圧で駆動できる応答性の大きな偏向器を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本願発明は、自発分極を有している強誘電性液晶を予め一定方向に配向させ、それを適当な透明容器に封入する。電場は光路方向と垂直にかけ、その電場によって液晶分子の配向方向を変え、屈折率を変化させる。それに光を入射させ、偏光の状態を保存しつつ、電極の形状を調整することによって偏向作用・集光作用を備えた液晶電気光学素子を提供する。

【0017】

【実施例】本願発明を図1において模式的に示す。二つの対抗電極101, 102間に、自発分極を有する液晶が充填しており、電場は2軸方向に付加される。スメクティックA状態において液晶はその分子長軸が一定方向をとるように層状に配列しているが、電場が与えられると一様にその電場に応じて分子軸が傾く傾向（電傾効果）を示す。

【0018】この際の液晶の挙動を定性的に示したのが図2である。また、付与した電場の強さと液晶の傾斜角の定量的な関係を図3に示す。ここで、電場は紙面方向に付与されるのであるが、実際には液晶全体に付与されるのではなく、図2に示すように一部（斜線710の右下

(4)

特開平7-110482

5

6

方)にのみ付与される。従って、液晶のうち電場が付与された部分のみ屈折率が変化する。

【0019】この状態で光を図1y方向に入射する。すると、図2(b)に示すように、斜線210を通過する光束が電傾効果によって分子軸が傾斜した液晶分子部分を通過する際に同一波面上で光路長が連続的に変化し、光は屈折率の差と斜線210の傾きに応じた偏向を受ける。

【0020】ここで、自発分極を有する液晶を用いるのは自発分極性を有する液晶の方が電場に依りて速くその分子軸が傾斜し、結果として応答性のよい電気光学素子を得ることが可能だからである。自発分極を有しているものでも個々の液晶分子の配向がらせん状になっていたり、バラバラであれば屈折率を一概に変化させることはできず偏向作用を具備しえない。本願発明に好適な液晶であるスメクティックAのものは図2に示すように電場を付与していない状態においても分極ベクトルが層状に一定方向をとる状態で配列しており、それが、電場によって一様に傾くので、均質な偏向作用を期待できる。

【0021】そして、図4に示すように本願発明においては従来の液晶素子のように電場と平行に光を入射するものではない。透明電極間の間隔はそれが大きいほど動作電圧の増大をきたし、一方動作速度を低減させる。図4(a)に示すように電場と平行に光を入射させる従来の方式ではこの欠点を容認しつつ、偏向角を大きくとりたがために光が液晶中を進む経路長を大きくとっていた。すなわち、偏向角を大きくすればするほど、電極間の間隔が大きくなるので動作電圧を高くすることが要請され、結果として動作速度(応答性)が低減する。

【0022】本願発明によれば、図4(b)に示すように電場方向と垂直に光を入射する。この方式では液晶素子の厚さを十分に薄くすることによって動作電圧を低減し、動作速度を向上させつつ、入射した光の経路長を長くすることによって大きな偏向角を得ることが可能である。このことは、動作全体に高応答性を維持しつつ、大きな偏向を実現できるという本願発明の利点につながる。

【0023】以上においては極めて原型的に本願発明を示した。実際は、液晶は所定の容器中に封入される必要があり、また、電極の形状もこれを調整することによって偏向以外の作用をこの素子に担保させることが可能となる。

【0024】第5図にこれらの要素をくみいれて、本願発明を模式図として示す。図5はこれを正面から見た断面図である。光は矢印501の方向から、透明平行板510と液晶配向膜520を介し、これらに囲まれて封入された液晶540に入射する。液晶540と液晶配向膜520と接する面が斜めのプロファイルを有する電極530によって電場を与えられた時には(図6a)、図2に示したように一定の方向に連続的に屈折が生じ、結果として偏向器となる。液晶配向膜520はポリイミド等の有機膜であり、

予め液晶分子の分子軸を一定方向に配向する作用を呈するものである。このように液晶を予め配向させる手段としては他に予め素子全体を磁場中に挿入する方法が採りえる。ここで、第6図においては黒塗りの部分が実際の電極部分である。上述のように電極間の間隔は動作速度と関連性があり、これが小さい方が動作速度が速くなる。しかし、光束の実用的な大きさを考えると電極間の間隔は数10 $\mu$ mが適切な範囲である。また、光が通過する液晶部分の経路長は要求される偏向角と比例関係にある。しかし、これをあまり大きくすることは液晶の透過率を考えると問題であり、数mm以下の範囲が妥当であろう。

【0025】この電極の形状を変化させることによってさまざまな機能を発現させることが可能である。これは、電極によって電場が付与された部分の液晶分子のみを選択的に傾斜させ、屈折率の変化を起こさせることができるという本願発明の特徴に基づくものである。例えば、電極の形状を図6bに示すような紡錘状にすれば一軸性の可変焦点距離の凹レンズを実現することができる。図6cのように電極の形状を紡錘形状をくりぬいた形状とすれば凸レンズを実現することもできる。

【0026】凸レンズについては要求されるレンズによって形状を変え、波面収差の小さい非球面レンズを構成することもできる。その素子一枚のみを用いた時は、円筒レンズと同様一軸方向のみのレンズ作用を有するが、これを第7図のように球面レンズを挟んで直角にもう一枚設置すれば、通常の球面レンズのように二軸方向にレンズ作用を持たせることもできる。

【0027】第8図にビーム径の大きな光束を本願に係わる素子によって偏向する場合を示す。このように、大きな光束を光ビーム径縮小光学系で電極間の間隔よりも光束の径を縮小し、本願に係わる素子によって所定の偏向等を実現した後に、拡大光学系によって所望の径の光束を得ることが可能である。

【0028】本願の素子は多くの分野において可能である。例えば、光通信スイッチは現在実用化されているものは動作電圧が高く、動作速度が遅いものであるが、本願発明によればこの点を解消できる。また、自動焦点カメラに本願のレンズ機構を採用すれば、機械的な動きがないために振動に強くなる。このほか、本願の素子の応用はレーザープリンタ、ディスプレイ、光磁気ディスク等極めて多岐にわたることが予想される。

【0029】

【発明の効果】本願発明の機構を採用することによって低い動作電圧で極めて高い応答性を有する素子を構成することが可能となる。定量的には応答速度は従来のネマティック形の液晶を用いるものの1000倍程度である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明による光変調方法の概念図を示す。

(5)

特開平7-110482

7

8

【図2】液晶の電傾効果とそれに伴う偏向原理を示す。

【図3】液晶の電傾効果の測定例を示す。

【図4】従来の液晶素子と本願発明の液晶素子の電場方向と光軸方向の関係を示す。

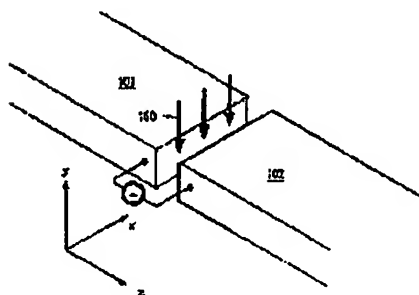
【図5】本願発明による素子の断面構造の正面図を示す。

\*【図6】本願発明の液晶配向膜に接する電極面の形状を示す。

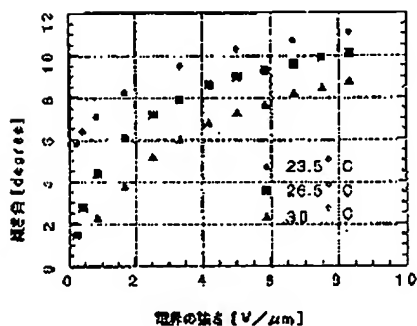
【図7】本願発明の素子を二軸性のレンズとして適用する場合の模式図を示す。

\*【図8】大きなビーム系の光を本願発明の素子に適用する場合の方法を示す。

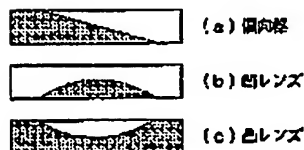
【図1】



【図3】

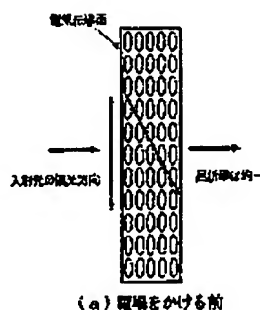


【図6】

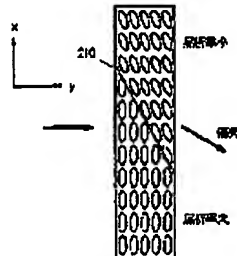


液晶配向膜に接する面の電極面形状

【図2】

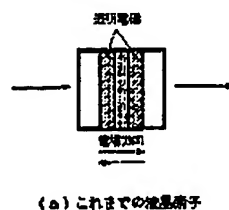


(a) 電場をかける前

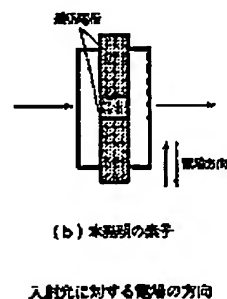


(b) 電場をかけたとき

【図4】



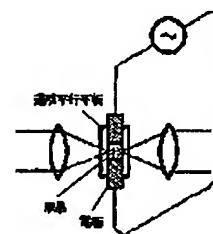
(a) これまでの液晶素子



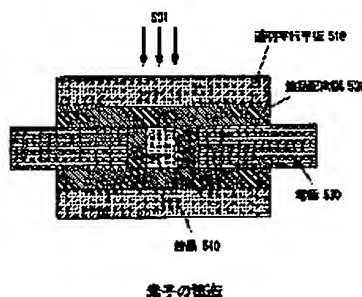
(b) 本発明の素子

入射光に対する電場の方向

【図8】



【図5】



素子の構造

(6)

特開平7-110482

【図7】



二つの素子とレンズを介して屈食させた例



二つの素子を1枚に屈食させた例

二軸方向のレンズ作用をさせる構成

---

 フロントページの続き

(72)発明者 佐井 文恵  
 神奈川県大和市下鶴間162番地14 日本ア  
 イ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所  
 内

(72)発明者 山田 文明  
 神奈川県大和市下鶴間162番地14 日本ア  
 イ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所  
 内